

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 06106725  
PUBLICATION DATE : 19-04-94

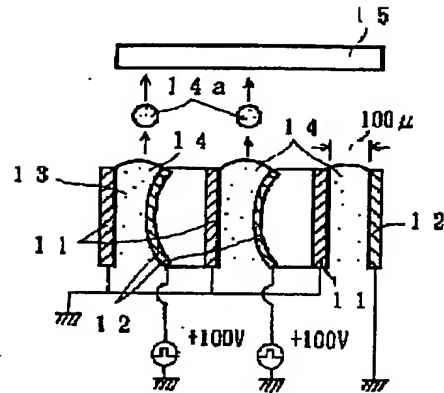
APPLICATION DATE : 13-10-92  
APPLICATION NUMBER : 04274410

APPLICANT : RICOH CO LTD;

INVENTOR : HASEBE MITSUO;

INT.CL. : B41J 2/045 B41J 2/055 B41M 5/00

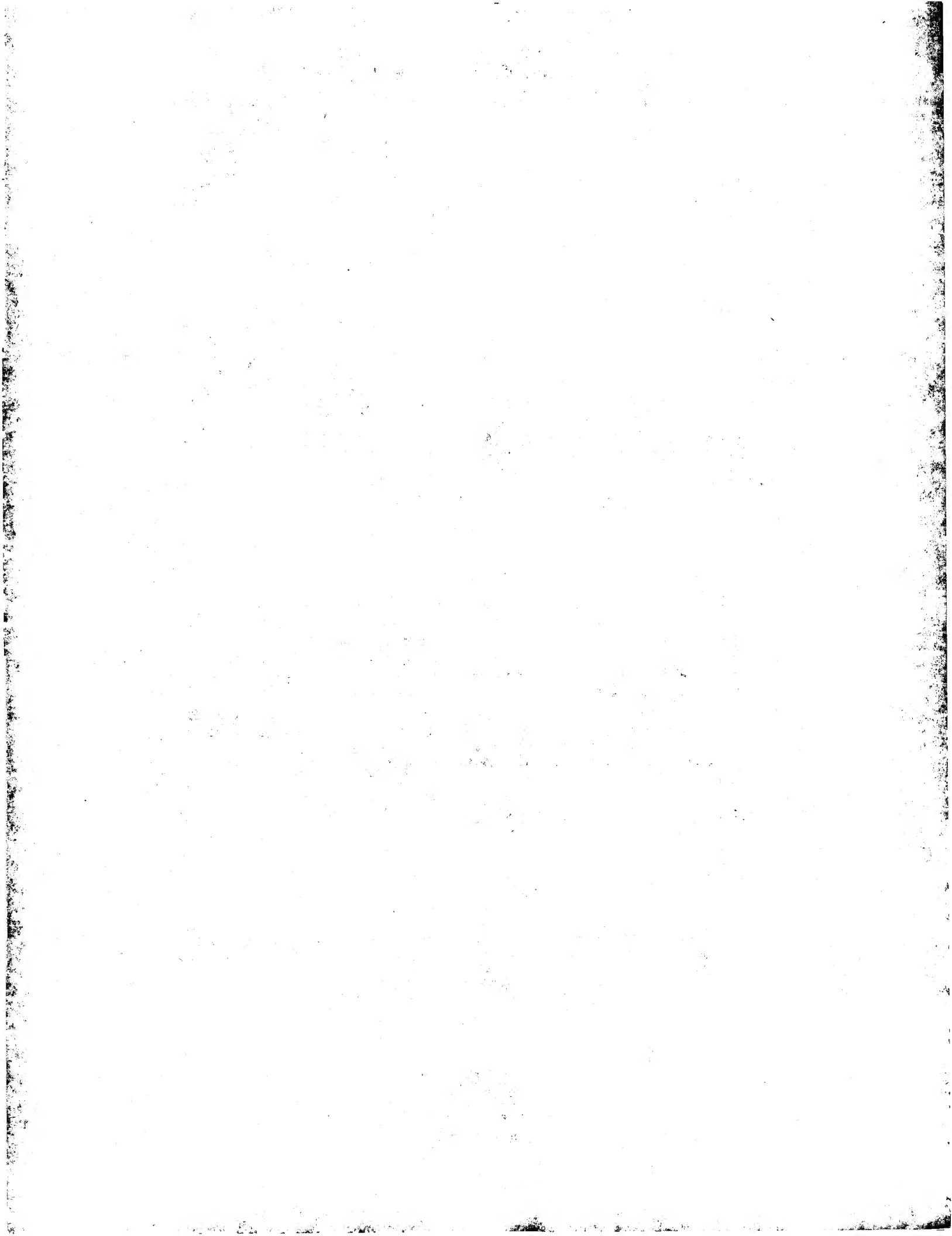
TITLE : RECORDING METHOD BY  
ELECTROSTATIC DEFORMATION  
TYPE INK JET AND ELECTROSTATIC  
DEFORMATION TYPE INK JET HEAD



ABSTRACT : PURPOSE: To provide a new ink jet method which uses a water-color ink with high safety, can be controlled by a low voltage, can use a high driving frequency, and in addition, for which a slit or multi-nozzle can be used by a simple structure.

CONSTITUTION: A nozzle 13 is formed by confrontingly arranging a rigid electrode 11 and elastic electrode 12, and a tinted liquid 14 with a high dielectric constant is put in the nozzle. A voltage is applied between the rigid electrode 11 and elastic electrode 12, and the elastic electrode is made to deform toward the rigid electrode by an electrostatic attracting force which is applied between opposite polarity charge phases which are induced at both electrodes, and particles 14a of the tinted liquid are made to fly from the leading end of the nozzle.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-106725

(43) 公開日 平成6年(1994)4月19日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 4 1 J 2/045				
2/055				
B 4 1 M 5/00	E	9221-2H		
		9012-2C		
			B 4 1 J 3/04	1 0 3 A

審査請求 未請求 請求項の数20(全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平4-274410

(22) 出願日 平成4年(1992)10月13日

(31) 優先権主張番号 特願平4-216902

(32) 優先日 平4(1992)8月14日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 酒井 捷夫

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

(72) 発明者 長谷部 光雄

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

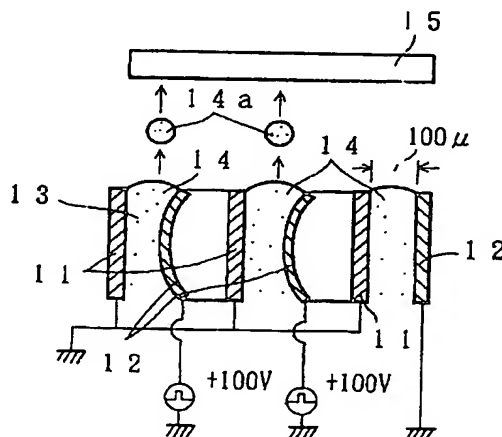
(74) 代理人 弁理士 瀧野 秀雄 (外2名)

(54) 【発明の名称】 静電変形型インクジェットによる記録方法及び静電変形型インクジェットヘッド

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、安全性の高い水性インクを使用し、低電圧で制御でき、高い駆動周波数で使用でき、しかも、簡単な構造でスリットやマルチノズルができる新しいインクジェット方式を提供することにある。

【構成】 剛体電極11と弾性体電極12とを対向配置してノズル13を形成し、該ノズル内に誘電率の高い着色液体14を入れ、前記剛体電極11と弾性体電極12との間に電圧を印加して両電極に誘起された異極性の電荷相互間に作用する静電引力により前記弾性体電極を剛体電極の方向に変形させ、前記ノズル先端から前記着色液体の粒子14aを飛翔させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 剛体電極と弾性体電極とを対向配置してノズルを形成し、該ノズル内に誘電率の高いインクを入れ、前記剛体電極と弾性体電極との間に電圧を印加して両電極に誘起された異極性の電荷相互間に作用する静電引力により前記弾性体電極を剛体電極の方向に変形させ、前記ノズル先端から前記インクを飛翔させることを特徴とする静電変形型インクジェットによる記録方法。

【請求項2】 前記ノズルを複数個形成し、前記弾性体電極に独立して電気信号を印加し、前記剛体電極を共通電極とすることを特徴とする請求項1記載の静電変形型インクジェットによる記録方法。

【請求項3】 剛体電極と弾性体電極とを対向して配置し、両電極間に誘電率の高いインクを入れるノズルを形成したことを特徴とする静電変形型インクジェットヘッド。

【請求項4】 誘電率の高い弾性体を少なくとも一方が弾性体で形成された信号電極と対向電極の間に挟持し、該両電極間に電圧を印加して両電極に誘起された異極性の電荷相互間に作用する静電引力により弾性体電極を相手側の電極に向けて変形させ、前記誘電率の高い弾性体の自由な界面に接しているノズル内のインクを該ノズルから飛翔させることを特徴とする静電変形型インクジェットによる記録方法。

【請求項5】 少なくとも一方が弾性体で形成された信号電極及び対向電極と、これら両電極間に把持された誘電率の高い弾性体と、該誘電率の高い弾性体の自由な界面に接するノズルとからなることを特徴とする静電変形型インクジェットヘッド。

【請求項6】 少なくとも一方が弾性体で形成された信号電極と対向電極との間にノズルを形成し、該両電極に同極性の電圧を印加して両電極に誘起された同極性の電荷相互間に作用する静電斥力により弾性体電極を外側に変形させ、その負圧により前記ノズル内にインクを充填し、前記両電極に異極性の電圧を印加して両電極に誘起された異極性の電荷相互間に作用する静電引力によりノズル内のインクを該ノズルから飛翔させることを特徴とする静電変形型インクジェットヘッドによる記録方法。

【請求項7】 少なくとも一方が弾性体で形成された信号電極と対向電極との間にノズルを形成し、該信号電極と対向電極の外側に空間を介して補助電極を設けることを特徴とする静電変形型インクジェットヘッド。

【請求項8】 前記補助電極と弾性体電極との間の空間に高誘電率の弾性体を入れることを特徴とする請求項7記載の静電変形型インクジェットヘッド。

【請求項9】 前記高誘電率の弾性体が誘電率の高いインクであることを特徴とする請求項8記載の静電変形型インクジェットヘッド。

【請求項10】 前記補助電極と弾性体電極との間の空間を前記ノズルとインクの供給源とに接続し、各接続部に

一方向弁を設けたことを特徴とする請求項9記載の静電変形型インクジェットヘッド。

【請求項11】 少なくとも一方が弾性体からなる電極間に誘電率の高いインクを入れる室を形成し、該室にインクを供給する通路を接続すると共にインクを吐出するオリフィスとを設け、前記対向する電極の少なくとも一方に感光体層を形成し、該感光体層を露光する発光体と該発光体を所定のタイミングで発光させる電気回路とを設けたことを特徴とする静電変形型インクジェットヘッド。

【請求項12】 前記感光体層の正孔又は電子の移動度が $0.01\text{cm}^2/\text{V sec}$ 以上であることを特徴とする請求項11記載の静電変形型インクジェットヘッド。

【請求項13】 前記感光体層を備えた電極が、導電性ガラスに感光体の層を担持させてなることを特徴とする請求項11記載の静電変形型インクジェットヘッド。

【請求項14】 前記感光体層とインクの層の誘電膜厚の比が、2対1以上であることを特徴とする請求項11記載の静電変形型インクジェットヘッド。

【請求項15】 少なくとも一方が弾性体からなり少なくとも一方に感光体層を担持した電極間に形成された室内に誘電率の高いインクを入れ、両電極間に電圧を印加して前記弾性体電極が実質的に変形しない程度で、しかし感光体層中を電荷が短時間に移動するのには十分な程度の弱い電界を形成し、同時乃至はその後に発光体により前記感光体層を露光して光キャリアを発生させ、感光体層中を移動させて強い電界を形成し、該電界が弾性体電極中の電荷に作用する静電引力により弾性体電極を前記室内に向けて変形させ、前記室内に形成されたオリフィスよりインクを吐出させることを特徴とする静電変形型インクジェットによる記録方法。

【請求項16】 前記オリフィスよりインクを吐出させた後、さらに、両電極を短絡して電界を消滅させ、弾性体電極が元の状態に戻る動きにより室内に負圧を生じさせて吐出液体を切ると同時に室内にインクを充填することを特徴とする請求項15記載の静電変形型インクジェットによる記録方法。

【請求項17】 前記オリフィスよりインクを吐出させると同時に室内のインクを逆流させ、その慣性力により生じる負圧により吐出液体を切った後両電極を短絡して電界を消滅させ、弾性体電極が元の状態に戻る動きにより室内に負圧を生じさせて室内にインクを充填することを特徴とする請求項15記載の静電変形型インクジェットによる記録方法。

【請求項18】 内部に高誘電率のインクを満たすインク室と、該インク室にインクを補給する管路と、インク室の内壁に開けられたインク滴吐出用のオリフィスと、インク室の一つの内壁に固着された導電性弾性体と、該導電性弾性体と対向する内壁に設けられた感光体層及びその電極と、前記導電性弾性体と感光体層の電極とに所定

のタイミングで電圧を印加する電気回路と、前記感光体層を露光するための発光体と、該発光体を所定のタイミングで発光させる電気回路とからなることを特徴とする静電変形型インクジェットヘッド。

【請求項19】 前記インク室における前記導電性弾性体を固着する内壁を親油性の材質で形成し、他の内壁を撥油性の材質で形成し、導電性弾性体を他の撥油性の内壁に固着させずに形成したことを特徴とする請求項18記載の静電変形型インクジェットヘッド。

【請求項20】 感光体層を備えた電極と導電性弾性体との間に形成された室内に誘電率の高いインクを入れ、前記導電性弾性体と電極との間に電圧を印加して前記導電性弾性体が実質的に膨張しないか膨張してもインク室からインクを吐出しない程度で、しかし感光体層中に電荷が短時間に移動するのには十分な程度の弱い電界を形成し、同時乃至はその後に発光体により前記感光体層に露光して光キャリアを発生させ、感光体層中を移動させて強い電界を形成し、該強い電界が導電性弾性体中の電荷に作用する静電引力により、弾性体をインク室の内側に膨張させ、前記室内に形成されたオリフィスからインクを突出させ、その後、両電極を短絡して電界を消滅させ、導電性弾性体が元の状態に戻るときに生じる負圧により吐出インクを切ると同時にインク室内にインクを再充填することを特徴とする静電変形型インクジェットによる記録方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、マルチノズル又はスリットを使用するインクジェット記録方式に関し、特に、弾性体電極の静電変形によりインクを飛翔させる新しいタイプのインクジェット方式に関する。

【0002】

【従来の技術】 インクジェット記録方式の代表的なものの一つに、静電吸引方式がある。この方式は、非常に小さなインク液滴が形成可能なことや、マルチノズル化が容易である等の利点を有している。

【0003】 図18は静電吸引方式の原理を示す。同図において、1は絶縁体によって分離された多数の記録電極、2は多数の記録電極1の全体に対応する単一の対向電極を示す。各記録電極1は、共通する対向電極2との間に、それぞれに+3kVが独立して印加できる。両電極1、2の間には隙間があり、この隙間の記録電極1側には油性インク3が供給され、対向電極2側には記録紙4が配置される。

【0004】 任意の記録電極1（この図では中央と左側の記録電極）に+3kVが印加されると、その電極上の油性インクのメニスカス3aは（+）に帯電し、静電力で吸引される。このとき、メニスカス3aは図のように記録電極1から対向電極に向かって縦に分極して、その分極電荷に記録電極1と対向電極2の電位差で形成

されている電界が作用し、そのクーロン力でインク粒子3bが飛翔し、記録紙4に達して画像を印刷する。

（注、分極電荷にプラスして記録電極より注入された注入電荷にもクーロン力を作用させている）

【0005】 しかし、この静電吸引方式には、以下のようない問題点がある。

(1) 印加電圧が数千ボルトと非常に高く、改良タイプでも500ボルト程度の高電圧が必要である。IC制御ができない電圧のため、回路等が大きくなるのみならず、汎用部品が使用できないためコストも高くなる。

(2) また、使用するインクも油性であるため安全性に問題がある。

【0006】 (3) 油性インクは抵抗が高く、誘電率が低いいため、分極の緩和時間が遅く、応答周波数が低い。

(4) インク粒子は一様に強く帯電するのでインク粒子間にクーロン力が働き飛翔距離を長くすると解像力が悪くなる。

【0007】 (5) 静電吸引力が小さいため、前もってインクに飛び出さない限界の静圧力を加えてスリットやノズルの先端にインクのメニスカスを形成しているが、これがわずかな振動でも崩れて異常画像となる。

(6) 磁性インクを使用する磁性インクジェットも提案されているが、磁性インクはそれ自体で着色されているので、カラー化できない。

【0008】 また、静電吸引方式に似た方式として、ER流体インクジェットが知られている。ER流体(Electro-Rheological fluid)は、油性分散媒に微粒子粉末を分散させたものであり、電界を印加すると見掛けの粘度が数十倍から数百倍に増加する性質がある。そこで、ER流体からなるインクをノズルより噴出させておきタイミングを見て電極間に電圧を印加すると、インクの剪断力が増加してインクの流れを停止させる。

【0009】 しかし、この方式でも、分散相の沈降がある、といった問題があり、また、前記した油性インクの欠点は解消できない。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、上記した全ての欠点を解消することにある。すなわち、安全性の高い水性インクを使用し、低電圧で制御でき、高い駆動周波数が使用でき、カラー化が可能で、しかも、簡単な構造でスリットやマルチノズルができる新しいインクジェット方式を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するために本発明は、剛体電極と弾性体電極とを対向配置してノズルを形成し、該ノズル内に誘電率の高いインクを入れ、前記剛体電極と弾性体電極との間に電圧を印加して両電極に誘起された異極性の電荷相互間に作用する静電引力により前記弾性体電極を剛体電極の方向に変形させ、前記ノズル先端から前記インクを飛翔させる構成を

特徴としている。

【0012】または、誘電率の高い弾性体を少なくとも一方が弾性体で形成された信号電極と対向電極の間に挟持し、該両電極間に電圧を印加して両電極に誘起された異極性の電荷相互間に作用する静電引力により弾性体電極を相手側の電極に向けて変形させ、前記誘電率の高い弾性体の自由な界面に接しているノズル内のインクを該ノズルから飛翔させる構成としてもよい。

【0013】また、少なくとも一方が弾性体で形成された信号電極と対向電極との間にノズルを形成し、該両電極に同極性の電圧を印加して両電極に誘起された同極性の電荷相互間に作用する静電斥力により弾性体電極を外側に変形させ、その負圧により前記ノズル内にインクを充填し、前記両電極に異極性の電圧を印加して両電極に誘起された異極性の電荷相互間に作用する静電引力によりノズル内のインクを該ノズルから飛翔させる構成としてもよい。

【0014】また、少なくとも一方が弾性体からなり少なくとも一方に感光体層を担持した電極間に形成された室内に誘電率の高いインクを入れ、両電極間に電圧を印加して前記弾性体電極が実質的に変形しない程度で、しかし感光体層中に電荷が短時間に移動するのには十分な程度の弱い電界を形成し、同時乃至はその後に発光体により前記感光体層を画像状に露光して露光部に光キャリアを発生させ、感光体層中を移動させて強い電界を形成し、該電界が弾性体電極中の電荷に作用する静電引力により弾性体電極を前記室内に向けて変形させ、前記室内に形成されたオリフィスよりインクを吐出させる構成としてもよい。

【0015】さらに、感光体層を備えた電極と導電性弾性体との間に形成された室内に誘電率の高いインクを入れ、前記導電性弾性体と電極との間に電圧を印加して前記導電性弾性体が実質的に膨張しないか膨張してもインク室からインクを吐出しない程度で、しかし感光体層中を電荷が短時間に移動するのには十分な程度の弱い電界を形成し、同時乃至はその後に発光体により前記感光体層を画像状に露光して露光部に光キャリアを発生させ、感光体層中を移動させて強い電界を形成し、該強い電界が導電性弾性体中の電荷に作用する静電引力により、弾性体をインク室の内側に膨張させ、前記室内に形成されたオリフィスからインクを突出させ、その後、両電極を短絡して電界を消滅させ、導電性弾性体が元の状態に戻るときに生じる負圧により吐出インクを切ると同時にインク室内にインクを再充填する構成としてもよい。

【0016】

【作用】弾性体電極とこれに対向する電極との間に電圧を印加すると、これら両極に印加された正負の電荷の間に、静電引力（クーロン力）が作用し、弾性体電極を対向する電極に向かって変形させ、ノズル内のインクの圧力を上昇させ、ノズルから液体の粒子を飛翔させる。

【0017】弾性体電極とこれに対向する電極との間に誘電率の高い弾性体をサンドイッチ状に挟み、この誘電率の高い弾性体の自由な界面をノズルに臨ませると、同様にノズルからインクの粒子が飛翔する。この場合、インクの誘電率は問題とならず、どのようなインクも使用可能となる。

【0018】また、信号電極と対向電極との少なくとも一方を弾性体で形成し、両電極に同極性の電圧を印加すると、両電極に誘起された同極性の電荷相互間に作用する静電斥力により弾性体電極を外側に変形させることができ、そのとき生じるノズル空間内の負圧によりノズル内にインクを充填することができる。ピエゾ方式より動作が速く、小型のノズルを形成できる。また、バブルジェットのように加熱冷却を要しない。

【0019】また、弾性体電極と対向する電極に感光体層を形成すれば、発光体による光の照射により弾性体電極に静電変形を起こさせることができる。この弾性体電極の代わりに、導電性弾性体を使用してこれに静電変形を起こさせてもよい。これらの静電変形によりインク滴を飛翔させることができる。

【0020】

【実施例】以下に図面を用いて本発明の実施例を説明する。図1は、本発明による静電変形型インクジェットの構成を示す図である。同図において、11は剛体電極、12は弾性体電極を示す。これら両電極11、12の間に形成されたノズル13に誘電率が高く水性のインク14が供給される。15は記録紙を示す。

【0021】各剛体電極11と弾性体電極12の間に電圧を印加する。この実施例では剛体電極11を接地し、弾性体電極12を(+)に接続している。これら両電極には正負の電荷が誘起（充電）され、正負の電荷の間に働く静電引力（クーロン力）で、弾性体電極を図1に示すように剛体電極11方向に変形させ、インク14に圧力を加えて両電極間に形成されたスリット又はノズル13からインクの粒子14aを飛翔させる。

【0022】なお、少なくとも本発明においては、スリットとノズルとを峻別する必要はなく、本発明でノズルと言った場合は、特に区別した場合を除きスリットを含むものとする。

【0023】静電吸引方式では形成されるインク滴3bは図18で説明したように帯電していて、隣接画素のインク滴とクーロン力でお互いに反発して軌道から左右にずれ、画像を劣化させる。これに対し、本発明における飛翔したインクの粒子14aは、帯電していない。したがって、従来の静電吸引方式と異なり粒子相互間で干渉し合うことはない。これが本発明の第1の優位点である。

【0024】従来の静電吸引方式では、インク自体に力が働くので、インクの特性が制限されるが、本発明では電極に働く力で飛翔するので、インク14に対する制限

が少なく、水性インクを使用でき、安全である。これが本発明の第2の優位点である。

【0025】また、図18に示した従来の静電吸引方式では、両電極1、2の間に記録紙4を通すので、両電極間は最低でも0.8mmのギャップが必要となり、そのため数kVの高電圧が必要となった。本発明では、電極間の距離は100μm以下でよいので、印加電圧は1000V以下で良くなる。これが本発明の第3の優位点である。

【0026】静電吸引方式で使用されるインクは抵抗が高く、誘電率が低いので、分極の緩和時間が遅く、低い駆動周波数でしか使用できず、印字速度が遅かった。これに対し本発明では、インクの緩和時間ではなく、電極への充放電の時定数が印字スピードを決めるが、電極面積が非常に小さいので時定数は小さく、高速印字が可能になる。これが本発明の第4の優位点である。

【0027】従来方式では、信号が印加された記録電極のみならず、その隣接領域でも力が働くが、本発明では、共通電極を剛体にしておけば、隣接部分に例え力が働いてもその部分が変形することはないので、信号が印加された電極のみ変形し、画像がボケル不具合が生じない。これが、第5の優位点である。

【0028】従来法の一つにバブルインクジェットがあるが、これはインクを約300～400℃に加熱するので、インクの寿命が短くなるという欠点があった。しかし、本発明によれば、加熱の必要がないので、かかる問題は生じない。これが、第6の優位点である。

【0029】バブルインクジェット方式では、インク滴の大きさを変化させることができないが、本発明では、\*

$$f_1 = \epsilon_0 E_1^2 / 2 \quad (1)$$

$$f_2 = \epsilon_0 \epsilon_r E_2^2 / 2 \quad (2)$$

【0034】ここに、

E1：空気中の電界

E2：水中の電界

$\epsilon_0$ ：空気の誘電率

※

$$f_a = f_1 - f_2 = \epsilon_0 (E_1^2 - \epsilon_r E_2^2) / 2 \quad (3)$$

次に、E1とE2の間には、次の関係がある。

$$\epsilon_0 E_1 = \epsilon_0 \epsilon_r E_2 \quad (4)$$

【0036】空気と水の厚さをd/2とすると、印加電圧V<sub>0</sub>とE1、E2の間には、

$$V_0 = E_1 d / 2 + E_2 d / 2 \quad (5)$$

の関係が成り立つ。(4)を(5)に代入して整理すると、

$$E_2 = 2V_0 / (d(\epsilon_r + 1)) \quad (6)$$

【0037】これを(4)に代入して、

$$E_1 = 2\epsilon_r V_0 / (d(\epsilon_r + 1)) \quad (7)$$

(6)、(7)を(3)に代入すると、図2で水面に働く静電

気力f<sub>a</sub>が求まる。途中を省略して最後の式を示す。★

$$f_a = (\epsilon_0 \epsilon_r (\epsilon_r - 1) V_0^2) / d^2 (\epsilon_r + 1) \quad (8)$$

水の場合、比誘電率 $\epsilon_r$ が80と1より十分大きい( $\epsilon_r \gg 1$ )ので、(8)式は次の(9)式で近似できる。

$$f_a = \epsilon_0 V_0^2 / d^2 \quad (9)$$

【0039】図3に示す本発明の場合、両電極に働く静

電気力f<sub>b</sub>は、平行平板コンデンサの両側の電極に作用する静電引力そのものであり、この力は電磁気学の教科書より、次の式で与えられる(単位面積当たりの力を求

\*記録印加電圧を変え、誘起電荷量を変え、電極に作用する静電引力を変えることにより弾性体電極の変位量を変えることができ、これによってインクの粒子、すなわちインク滴の大きさを種々に変化させることができる。これが、本発明の第7の優位点である。

【0030】以上、従来の静電吸引方式と本発明の静電変形方式との相違を定性的に説明したが、次に電気理論により定量的に説明する。一般的に誘電体の受ける静電気力は、その分極電荷に働くその点の電場のクーロン力として求めることができるが、マックスウェルの応力で考えた方が容易である。

【0031】図2は、従来の静電吸引方式の構成モデルで、1は記録電極で、2は対向電極を示す。両電極1、2の間には、下方に油性インク3の代わりとしての水5があり、対向電極2側は記録紙4等の代りとしての空気6となっている。すなわち、記録電極1と対向電極2とは水平な平行平板コンデンサを形成し、その下半分に水5が、上半分に空気6が充填されていることになる。

【0032】図3は、本発明の構成モデルで、剛体電極11と弾性電極12は、対向する面に薄い絶縁層11'、12'が形成され、これらの間にインク14(ここでは水を使用している)が充填されている。本発明の場合は、両電極11と12とで、垂直な平行平板コンデンサを形成し、電極間は水のみで充足されている。

【0033】図2において、単位面積当たりの空気が含むマックスウェルの応力f<sub>1</sub>と、同じく水が含む応力f<sub>2</sub>とを求めると、

※ $\epsilon_r$ ：(水の)比誘電率

【0035】図2において、液面に働く力f<sub>a</sub>は、f<sub>1</sub>とf<sub>2</sub>との差である。

める)。

$$f_b = (\epsilon_r \epsilon_0 V_0^2) / (2d^3) \quad (10)$$

【0040】従来方式に $V_0=3000\text{V}$ 、 $d=0.8\text{mm}$ を、本発明に $V_0=100\text{V}$ 、 $d=0.1\text{mm}$ を代入して $f_a$ と $f_b$ を求める。ただし、 $\epsilon_r=80$ 、 $\epsilon_0=8.85 \times 10^{-12}(\text{F/m})$ 、 $S=1\text{m}^2$ とする。

$$f_a = 1.2 \times 10^4 (\text{N/m})$$

$$f_b = 3.5 \times 10^4 (\text{N/m})$$

【0041】となり、本発明の方が非常に大きな力を得られることが分かる。もちろん、従来の静電吸引方式では水に直接加わる力であり、本発明では弾性体電極に加わる力であって、それがインクに伝わる時のロスはあるが、それを問題としない程の大きな差がある。

【0042】以上で理論的かつ定量的な比較を終え、次に、実施する場合の具体的な事項を説明する。

【0043】電極の形状は、単ガンノズルのみならず、マルチヘッドでも、スリットでも可能である。スリットの場合は、片方の電極を共通電極にすることができる。そして、もう一方のマルチスタイルに順次、又は同時に信号電圧を印加して、信号が入った電極と共通電極間でインクを飛翔させる。この場合、共通電極では隣接信号電極に対応する場所でもそれよりは弱く変形することが予想されるが、共通電極を剛体にする事で解決できる。

【0044】図4に示す装置では、剛体電極11としてネサガラスを用い、弾性体電極12としてネサガラスと厚さの異なるアルミ蒸着マイラーフィルムを準備し、両方の電極面に高抵抗のフェノール樹脂を乾燥後の膜厚が $0.2\mu\text{m}$ になるようにスプレー法でオーバーコートする。このように絶縁コートするのは、インクの電気抵抗は非常に低いので、そのまま電圧を印加するとリークするのを防止するためである。しかし、コートの厚さが厚すぎると電圧がそこで食われてしまう。そこで、リークしない範囲で最も薄くコートした結果が上記の膜厚である。オーバーコートしなかった部分に銅タイドでリード線を付けた。

【0045】両電極を図示のように $100\mu\text{m}$ のマイラーフィルムをスペーサ16として向かい合わせに張り合わせ、その間に、誘電率の高いインク14として純水99gにカーボンブラック1gを分散させた黒インクを入れ、スイッチを介して $+100\text{V}$ の電圧を印加した。すると、ノズル13からインク14が上方に飛翔するのが確認された。アルミ蒸着マイラーフィルムの厚さは、12乃至 $25\mu\text{m}$ が適当であった。それ以上厚いと変形しにくく、それ以上薄いと、うまく均一に貼れなかった。

【0046】図5は、本発明の第2の実施例を示す。この実施例は、信号電極21と対向電極22との間に、誘電率の高い弾性体23をサンドイッチ状に挟んだ構成を特徴としている。信号電極21と対向電極22の何れか、又は双方を弾性体で構成するが、この実施例では信

号電極21を弾性体としている。このサンドイッチ状のものはフレーム24内に嵌装され、フレーム24には弾性体23の自由な界面に接したノズル25が形成され、ノズル25の上端は狭められて開口部25aを形成し、ノズル内には水性インクからなるインク26が充填されている。

【0047】両電極21、22間に電圧を印加すると、弾性体で形成された信号電極21がクーロン力で図5の左側のように変形し、中間の弾性体23を変形させてノズル25内に突出させる。この弾性体23の突出によりインク26の粒子26aを記録紙27へと飛翔させる。

【0048】図1の実施例のインク13が高誘電率を要求していたのに対し、この実施例では、インク26は機械的な圧力を受けて飛翔するので、誘電率の大きさは全く問題とならず、水性インクを含めどんなインクでも使用可能である。

【0049】また、従来の静電吸引方式では、静電引力が小さいので、インクが飛び出さないギリギリの静圧力を予め印加して、ノズルの先端にインクのメニスカスを形成する必要があった。そのため、振動等の影響を受け易く、安定性に欠けていた。これに対し本発明では、インクを飛翔させるために十分な力を発生できるので、メニスカスを形成しておく必要がなくなり、振動に強くなった。

【0050】図6に示す装置では、対向電極22にはネサガラスを使用し、この導電面に先ず間隔(この例では $1\text{mm}$ )をあけて $100\mu\text{m}$ の厚さのポリエステルフィルム28を貼り、次に、チタン酸バリウム( $\text{BaTiO}_3$ )微粉末とシリコーンゴム(BT25-809:東レ・ダウコーニング・シリコーン社製)とを4:6の割合でトルエンに固形分比率7.5wt%に分散した溶液を乾燥後の膜厚が $100\mu\text{m}$ になるようにスプレーコートして誘電率の高い弾性体23を形成し、図4と同様に薄い絶縁層をコートした後、その上に網目ハッチングで示すように信号電極21としてのアルミを蒸着した。

【0051】アルミ蒸着前に電子写真で用いられる表面電位法で測定したところ、この $\text{BaTiO}_3$ 入りシリコーンゴム層の比誘電率は約100であった。このゴム層の上側約半分(この例では $2\text{mm}$ )を切り取り、その部分を含めて全面に上記と同じ厚さ $100\mu\text{m}$ のポリエステルフィルム29を接着した(ただし、シリコーンゴムの部分は接着しない。)

【0052】ネサガラスとアルミ蒸着電極に銅タイドでリード線を接続し、アルミ電極を接地し、ネサガラス電極をスイッチを介して直流電源に接続した。

【0053】フタロシアニン染料(Fastgen blue 8110)を固形分比率4wt%で純水に分散して青の水性インクとした。この青インクをインク26としてスポイトでゴム



層を切り取ったノズル25に入れて、電源100 Vを印加しスイッチを入れたところ、このノズル25の先端よりインク26が飛び出すのが観測できた。電源電圧を下げ、ネサガラス面より拡大鏡で観測したところ、電圧に応じて弾性体23（ゴム層）の先端が変形するのが確認できた。

【0054】図5、図6の実施例によれば、従来の静電吸引方式に比べ、非常に低い信号電圧で、しかも非常に高い周波数で、水性インクを使用して、しかも振動に影響されずに印字できる。

【0055】次に、上記の実施例に示すノズルヘインクを供給する方法について説明する。通常、このようなノズルヘインクを供給する方法としては、ピエゾ方式が一般的であった。これは、バイモルフ型のピエゾ素子を振動させ、インク室が収縮したときにオリフィスよりインクを吐出させ、膨張したときインクをインクタンクより補給して次の吐出の準備をするものである。

【0056】しかし、ピエゾ素子は変位量が0.1～1 μmと小さいため、ピエゾ素子の面積が大きくなり、マルチヘッド化は、9～24ノズルが限度で、1ライン同時書き込みをするために必要な数千ヘッドのマルチ化は不可能である。また、簡単な構成ではあるが、変位量が小さいため負圧も小さく、補給時間がかかり、さらに、ピエゾ素子（ジルコン酸鉛-チタン酸鉛等）が重いため、応答速度は2～3 kHzと低い。

【0057】別の方式としてバブルジェット方式があるが、加熱冷却の工程であるため、やはり応答速度は数kHzである。また、ヒータが約1000℃、インクが約300～400℃にもなるため、インクもヘッドも耐久性に欠ける。さらに、バブルがはじけるのが速すぎるための衝撃波による機械的破壊も問題となる。

【0058】図7は、応答が速く、インクの供給能力が高く、機械的破壊の生じない負圧によるインク供給ができるインクジェットヘッドの断面図を示す。具体的な数値が入っているが、理解を深めるためのもので、単なる一例にすぎない。信号電極31と、これから100 μm離れて設けられた対向電極32との間にノズル33が形成され、ここに水性のインク34が充填されている。信号電極31と対向電極32の少なくとも一方が弾性体で形成されるが、この実施例では、対向電極32が弾性体電極で、信号電極31は剛体電極となっている。

【0059】対向電極32の上側と信号電極31の下側には、それぞれ0.5 mm離れて補助電極35、35'が設けられている。対向電極32と補助電極35との間には、対向電極が自由に変形できるだけの空間37がある。補助電極35、35'は常に接地され、対向電極32には常に+100 Vが印加されている。信号電極31は印字動作中は接地され、補給動作中は+100 Vが印加される。これら信号電極31、対向電極32と補助電極35、35'は、図の右端を樹脂ブロック36で固定され、樹脂

ブロック36にはノズル33の開口部33aが穿設されている。

【0060】対向電極32は（4～12 μm程度の）薄いポリエステルフィルムにアルミニウムを蒸着して作成される。その他の材料は公知である。

【0061】図7のインクジェットの印字動作を図8(a)～(d)により説明する。印字動作のスタートは補給動作が完了した時点である。このとき、対向電極32は図8(a)に示すように補助電極35の方に變形している。信号電極31を+100 Vから0 Vに変えると、図8(b)のように対向電極32に(+)、信号電極31に(-)の多くの電荷が充電され、この間に働く強い静電引力で対向電極32は図8(c)のように内側に變形し、ノズルの開口部よりインクの粒子（インク滴）34aを飛翔させる。變形が進むと共に、逆方向に強い弾性力が発生し、両方の力が釣り合ったところで變形は止まる。ここで、図8(d)に示すように信号電極31の電圧を0 Vから+100 Vに戻すと、両電極間に働いていた強い静電引力が消えて、強い弾性力と接地されている補助電極35との間に働く弱い静電引力が残る。（この静電引力は、(a)の状態から働いていたのだが、剛体電極31との間の引力に比して非常に小さいので、無視していた。また、信号電極31と対向電極32との間に働く静電斥力も無視する。）

【0062】信号電極32は元の中立状態に戻り始め、センターラインを越えて變形し、上記の補助電極35との弱い静電引力と弾性力とがバランスする図8(a)に示す位置まで變形する。このとき、ノズル空間33内に負圧が発生するので、図示しないインクタンクからインク34が補給される。

【0063】ここで、戻しの静電引力はいくら弱くてもよく、時間さえあれば必ず變形するので、補助電極35は必須ではない。ノズルを囲う筐体の一部がその代わりをつとめる。

【0064】しかし、補助電極35を設けた方が、戻しの静電引力もより強くなり、補給時間も短くなって補給量も増加する。しかも、弾性体電極と補助電極間の誘電率を高くすれば、戻しの静電引力はさらに強くなる。誘電率の高い弾性体の代表は水なので、ノズル内のと同じインク34を信号電極32と補助電極35との間の空間37に充填しておけばよい。符号37'は、このような見地から空間37の一部に充填された水を示す。

【0065】空間37内にインク34を充填する場合、戻しの静電引力でこのインク34を押している訳であるから、図9に示す構成が可能となる。すなわち、補助電極35と、弾性体電極32とに一方方向弁38、38'を同一方向に配置し、補助電極35側の一方方向弁38をインクの供給源への管路39と接続する。このような構成とすれば、図9(a)のスタート状態から同図(b)のように対向電極32が信号電極31側に變形してインクの粒

子34aを飛翔させたとき、一方弁38が開いて管路39からインクが供給され、次に(c)のように対向電極32が補助電極35の方に变形したとき一方弁38が閉じて38'が開き、ノズル空間33内にインクが充填される。

【0066】補助電極35が接近して設けられ、対向電極32との間の空間に水性のインク34を充填した場合、図8(a)の状態での両者間の静電引力の影響を無視できなくなる。そのような場合は、印字作用中の補助電極35と対向電極32を同電位にしておくことが望ましい。

【0067】次に、印字動作中の静電引力の大きさを求める。信号電極31と対向電極32との間に作用する静電引力Paは、図3におけるfbと同様であり、単位面積当たりの力は、式(10)から、

$$Pa = (\epsilon r \epsilon_0 V_0^2) / (2d^2)$$

と表される。

【0068】ここで、 $V_0 = 100$  v,  $d = 0.1$  mm,  $\epsilon r = 80$ ,  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$  (F/m),  $S = 1$  m<sup>2</sup> とすると、

$$Pa = 3.5 \times 10^9 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

となり、本発明では非常に大きな静電引力が得られることが分かる。この力は、従来のピエゾ型インクジェットで必要とされる圧力と同じレベルである。

【0069】この力で対向電極自身とその先のインクを加速しながら変位させる訳であるが、計算を簡単にする\*

$$\begin{aligned} t &= (2x/\alpha)^{1/2} \quad (\text{sec}) \quad (\text{初速度 } v_0 \text{ はゼロとした}) \\ &= (2 \times 50 \times 10^{-6} / 3.5 \times 10^9)^{1/2} \\ &= 5.3 \times 10^{-8} \quad (\text{sec}) \end{aligned}$$

【0073】このときのインクの世界速度vは、

$$v = \alpha \times t = (3.5 \times 10^9) \times (5.3 \times 10^{-8}) = 1.9 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

となる。

【0074】実際に、ノズルより飛翔するインクの量は、この計算で移動したインクの約1/8なのでもっと速い速度になると思われる。

【0075】次に、図10により戻りの静電引力fbを計算する。前述したように、補助電極35は必ずしも必要ではないのであるが、仮に同図のように0.5mm離れた※

$$\begin{aligned} fb &= (1^2 \times 8.85 \times 10^{-12} \times (100 \times 10^6)^2 \times 100^2) / (2 \times (500 \times 10^{-6})^2) \\ &= 1.77 \times 10^9 \text{ (N)} \end{aligned}$$

と、先の印字モードの値よりも5桁も小さい。この力で動かすのは、厚さ12μmの弾性体電極32であり、そ★

$$m = (100 \times 10^{-6})^2 \times (12 \times 10^{-3}) \times 1 \times 10^3 = 0.12 \times 10^{-9} \text{ (Kg)}$$

である。

$$\begin{aligned} \alpha b &= fb/m \\ &= 1.77 \times 10^9 / 0.12 \times 10^{-9} = 14.8 \quad (\text{m/s}^2) \end{aligned}$$

である。

【0078】戻りも平均変位量xは50μmとすると、

$$\begin{aligned} t b &= (2x/\alpha)^{1/2} \\ &= (2 \times 50 \times 10^{-6} / 14.8)^{1/2} = 2.6 \times 10^{-3} \quad (\text{sec}) \end{aligned}$$

\*ために、面積は100μm×100μm、対向電極は12μm、そのさきにあるインクは厚さ88μm、比重は両方とも1.0、平均変位量は50μm、弾性力はゼロとすると、全面積に作用する静電引力faは、面積をSとして、

$$\begin{aligned} fa &= Pa \times S \\ &= 3.5 \times 10^9 \times (100 \times 10^{-6})^2 \text{ (N)} \\ &= 3.5 \times 10^{-5} \text{ (N)} \end{aligned}$$

となる。

【0070】一方、この力で加速される質量mは、体積をv、密度をρとして、

$$\begin{aligned} m &= v \times \rho \\ &= (100 \times 10^{-6})^2 \times 1 \times 10^3 \text{ (Kg)} \\ &= 1 \times 10^{-9} \text{ (Kg)} \end{aligned}$$

である。

【0071】力学の公式より、力f、質量m、加速度αの間には、

$$m\alpha = f$$

$$\therefore \alpha = f/m$$

この式にさきに求めたfaとmの値を代入すると加速度が求められる。

$$\begin{aligned} \alpha &= (3.5 \times 10^{-5}) / (1 \times 10^{-9}) \\ &= 3.5 \times 10^4 \text{ (m/s}^2\text{)} \end{aligned}$$

【0072】変位量(x)が50μmなので、この間に要した時間(t)は次式で求められる。

※位置に平行にあるものとする。信号電極31と対向電極32は共に(+)の電荷があり、この間に静電斥力が作用するが、ここでは取り上げない。そこで、対向電極32と補助電極35との間に働く静電引力fbを求める。

$$fb = (\epsilon r \epsilon_0 S V^2) / (2d^2) \text{ (N)}$$

ここで、Vは印加電圧、Sは面積、dは電極間の間隔、εrは比誘電率である。

【0076】そして、 $V = 100$  v,  $S = 100 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>,  $d = 0.5$  mm =  $500 \times 10^{-6}$  m,  $\epsilon r = 1$ ,  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$  (F/m), を代入すると、

$$\begin{aligned} fb &= (1^2 \times 8.85 \times 10^{-12} \times (100 \times 10^6)^2 \times 100^2) / (2 \times (500 \times 10^{-6})^2) \\ &= 1.77 \times 10^9 \text{ (N)} \end{aligned}$$

★の質量mは、

$$m = (100 \times 10^{-6})^2 \times (12 \times 10^{-3}) \times 1 \times 10^3 = 0.12 \times 10^{-9} \text{ (Kg)}$$

☆☆【0077】そして、このときの加速度αbは、

$$\begin{aligned} \alpha b &= fb/m \\ &= 1.77 \times 10^9 / 0.12 \times 10^{-9} = 14.8 \quad (\text{m/s}^2) \end{aligned}$$

この間に要する時間tbは、

である。

【0079】戻りの時間をより速くするためには、その静電引力をより大きくすればよく、そのためには、積極\*

$$f_b = (1^2 \times 8.85 \times 10^{-12} \times (100 \times 10^{-6})^2 \times 100^2) / (2 \times (100 \times 10^{-6}))^2 \\ = 4.4 \times 10^{-8} \quad (\text{N})$$

【0080】となり、加速度 $\alpha b$ は、

$$\alpha b = f_b / m \\ = 4.4 \times 10^{-8} / 0.12 \times 10^{-9} = 367 \quad (\text{m/s}^2)$$

となり、戻り時間 $t_b$ は、

$$t_b = (2\pi / \alpha)^{1/2} \\ = (2 \times 50 \times 10^{-9} / 367)^{1/2} = 0.52 \times 10^{-5} \quad (\text{sec})$$

と1/5になる。

※対向電極32との間を誘電率の高い水性インクで満たせばよい。この場合 $f_b$ は、

$$f_b = (80 \times 8.85 \times 10^{-12} \times (100 \times 10^{-6})^2 \times 100^2) / (2 \times (100 \times 10^{-6}))^2 \\ = 3.5 \times 10^{-8} \quad (\text{N})$$

と、当然のことながら印字動作と同じ大きさになるの☆ておかなければならない。

で、印字動作中は、補助電極35にも+100Vを印加し☆【0082】このときの加速度は、

$$\alpha b = f_b / m \\ = 3.5 \times 10^{-8} / 0.12 \times 10^{-9} = 2.9 \times 10^4 \quad (\text{m/s}^2)$$

となり、戻り時間 $t_b$ は、

$$t_b = (2\pi / \alpha)^{1/2} \\ = (2 \times 50 \times 10^{-9} / 2.9 \times 10^4)^{1/2} = 5.9 \times 10^{-6} \quad (\text{sec})$$

とさらに1/80になる。

【0083】この位速くなると、ピエゾ素子や、パブルジェットに比較して100倍の速さで記録が可能になる。

【0084】図11、12は、本発明に感光体を使用した実施例で、図11は光静電変形インクジェット記録装置の分解斜視図、図12は側面図を示している。これらの図には、寸法を示す具体的な数値が入っているが、理解を深めるためのもので、これに限定されるものではない。このインクジェット記録装置は、上部構造と下部構造及び側部構造に分けて作成した後、三者を張り合わせて完成される。

【0085】上部構造は、並列に配置される複数のインク室を分離する壁となる角柱51を、63.5 $\mu\text{m}$ ピッチで並べ、その上に弾性体電極52を接着して形成される。角柱51としては、衝撃波を吸収するために適度に表面が柔らかいものが良く、具体的には、ポリカーボネート、PET等を使用する。弾性体電極52は、基板としての弾性体部材52aにアルミ層52bを蒸着し、さらにスプレーコート法で弾性絶縁層52cをオーバーコートしたものである。弾性体部材52aとしては、たとえば、弾性PETフィルムや、シリコーンゴムフィルム等が考えられる。弾性体部材52aの厚さは、材質の弾性率や必要な変位量や耐久性等で変わるが、10 $\mu\text{m}$ 前後が適当である。絶縁層52cの材質としては、あまり高抵抗よりも、適度な時間で電荷がリークする程度が望ましく、体積固有抵抗で $10^{10} \Omega\text{cm}$ くらいのポリアミド樹脂が適当である。

【0086】下部構造は、導電性ガラス53のアルミ層

16  
\*的に補助電極35を接近配置すればよい。間隔を0.5mmから0.1mmに近づけると、

30  
からなる電極53a上に無機系の感光体層54を蒸着やスプレーコートやプラズマCVDで形成して作られる。有機系の感光体は、電荷の移動が遅いため、本発明には適さない。無機系の感光体では、Se系やCdS系の感光体も電荷の移動速度から考えれば十分使用できるが、アモルファスシリコン(a-Si:H)が移動速度も速く、分光感度も可視光に近く、溶剤に不溶で最適である。通常のカーボン法の感光体としては暗抵抗が低すぎて、その対策として多層化されているが、本発明の場合は密着させる必要がないので、単層のままで、 $10^{12} \Omega\text{cm}$ で使用可能である。ただし、基板電極からの電荷注入があるときは2層化が必要になる。

【0087】側部構造は、厚さ25-100 $\mu\text{m}$ のPETフィルムからなる側板55に、直径20 $\mu\text{m}$ 程度の孔(オリフィス)55aを開けた構成である。

【0088】下部構造の上に上部構造を載せて形成される細長いインク室56に、オリフィス55aを位置合わせて側板55を固定すれば、インクジェットヘッドが完成する。インク室56にはインク57が通路58から供給される。

【0089】なお、図示のように、角柱51の高さを80 $\mu\text{m}$ 、感光体層の厚さを60 $\mu\text{m}$ 、インク室の長さを200 $\mu\text{m}$ としたが、これは、後述するシミュレーション計算を簡単にするためで、この値が最適という訳ではない。

【0090】次に、図13(a)~(c)により本発明の印字及びインク補給方法を説明する。なお、図13では、図11の側面図を簡略化し、一部省略して示している。

【0091】まず、本発明の作用を定性的に説明した

後、定量的な説明をする。図13(a)は、準備段階を示す。インク室56にインク57を充填した後、弾性体電極52に+800Vが印加される。同図に示すように、弾性体電極52に少量の正孔と感光体電極としての感光体層54に同量の電子が充電される。弾性体電極52の正孔に感光体層54の電子の形成する電界が働いて、弾性体電極52は、内側に向かう力を受けるが、インクの表面張力の方が大きいので、インク57はオリフィスから飛び出すことはない。

【0092】次に、(b)で感光体層54の下方からネサガラス53を透過してLEDアレイからなる発光体59により露光すると、感光体層54近傍に正孔と電子が発生し、正孔は対向電極としてのアルミ層53aに入り、そこにいる電子と中和して消滅し、電子は高速で感光体層54中を移動して図示のように感光体層54の表面に止まる。発光体59は図示を省略した電気回路により、所定のインク室に対応するLEDが所望のタイミングで露光するように構成されている。

【0093】このときの電子及び弾性体電極に充電された正孔の量は(a)の数倍になる。その理由は、このヘッドをコンデンサと見なしたとき、(a)では電極間距離がインク層+感光層だったものが、(b)では、インク層のみに減少したためである。正孔の量が例えば6倍に増加したとすると、弾性体電極52の個々の正孔は、6倍に増えた感光体層54表面の電子より6倍の力を受けるため、弾性体電極52は全体として $6 \times 6 = 36$ 倍の力を受ける。また、感光体層とインクの層の誘電膜厚の比を2対1以上にすると、露光前後で、電荷量が3倍以上、静電力で3<sup>2</sup>倍以上の変化をつけることができる。

【0094】この結果、図のようにインク室56を圧縮するように変形し、その結果オリフィス55aからインク57が柱状に吐出し始める。このとき、弾性体の変形は静電引力と弾性体の弾性力が釣り合ったところで止まる。

【0095】次に、(c)で弾性体電極52を接地する。(露光はその前に終わっている。ただし、若し続いても\*

$$P = \sigma \times E$$

である。

【0101】この電界は感光体層電極(A)、又は感光体※

$$E = (-\sigma) / 2 \epsilon_1 \quad (\epsilon_1 \text{ はインクの誘電率}) \quad (12)$$

である。故に、(12)を(11)に代入して、

$$P = -\sigma^2 / 2 \epsilon_1$$

となる。

【0102】故に電子電荷密度 $-\sigma$ を求めれば、静電引力Pは(13)式より計算できる。該光静電インクジェット★

$$Q = C \times V \quad (14)$$

ここに、Cは静電容量、Vは印加電圧である。

【0103】電荷密度は電荷量Qを面積Sで除して求め☆

$$\sigma = Q / S \quad (15)$$

(14)式の電気容量Cは、電極間物質の誘電率が均一の場合(ε、r)、その膜厚(電極間距離)をdとして、次

\*結果に変わりはない)。その瞬間、弾性体電極52の正孔と感光体層54の電子は消えて、弾性体電極52に加わっていた静電引力はゼロとなり、弾性体電極52は弾性力で(c)のように復元する。このときインク室56には左右からインク57を呼び込む力が働き、オリフィス55aから吐出していたインク柱が切れて、(c)のようなインク滴57aが形成されると同時に左側よりインクが補給される。形成されたインク滴57aが引き戻されずに左右方向に飛び続けるのは慣性力のためである。

【0096】なお、インク柱の分離は、弾性体電極を接地しなくても可能である。従来のピエゾ方式で行われている様に、(b)で弾性体電極が内側に変形するとインク室内のインクは左右に押し出されるが、右側はインク柱が突出してすぐ止まり、左側は長い補給パイプをインクが慣性力で動き続けるため、インク室の右側に逆に左へ向かう吸引力が働くためである。これはレーザービーム露光の様な走査型露光で、露光後一定時間で弾性体電極を接地できないときに有効な方法である。

【0097】また、本発明をアナログのレンズ光学系の複写機に適用することもできるが、その場合、ネガポジ反転するので、ネガのフィルムよりポジのコピーを取る必要があるマイクロフィルムのアウトプットとして使用するのがよい。

【0098】以上で定性的な説明を終え、以下に本発明の作用を定量的に補足する。ただし、正確な計算は大変複雑になるので、幾つかの仮定に基づく近似計算である。

【0099】インクを吐出させるために必要な条件は、力と変位量と力の立上り時間である。参考のために示せば、従来のピエゾ方式では、力は数 $10^4$  N/m<sup>2</sup>、変位量は約 $0.2 \times 10^{-12}$  m、立上り時間は数 $\mu$ secで、パルスジェット方式では、力は数 $10^6$  N/m<sup>2</sup>、変位量は約 $0.1 \times 10^{-12}$  m、立上り時間は数 $\mu$ secである。

【0100】まず、弾性体電極に作用する静電引力Pを求める。Pは弾性体電極に充電された正孔の電荷密度を $\sigma$ 、その点の電界をEとすると、

$$(11)$$

※中(B)の電子により形成される。この電界はガウスの定理により、

$$(12)$$

$$(13)$$

★ヘッドを平行平板コンデンサと見なすと、その充電電荷量Qは次式で求められる。

$$(14)$$

☆られる。

$$(15)$$

式で求められる。

$$C = \epsilon r \times S / d$$

【0104】本発明のように、誘電率と膜厚の異なった2つの物質を積層した場合の合成容量は次式で求められ\*

$$C = S / (d1 / \epsilon 1 + d2 / \epsilon 2)$$

本発明の(b)の場合、感光体層は露光により実質的に誘電層から導電層になったと見なせるので、その容量は(16)式が適用できる。

【0105】すなわち、インク層と感光体層(暗中)の※

$$C(A) = S / (d1 / \epsilon 1 + d2 / \epsilon 2)$$

$$C(B) = S / (d1 / \epsilon 1)$$

【0106】インク層と感光体層(暗中)の膜厚と比誘電率をそれぞれ、80 $\mu$ m, 60 $\mu$ m, 80, 12、面積Sを1 $\star$

$$C(A) = 1 / (80 \times 10^{-6} / 80 \times 8.85 \times 10^{-12} + 60 \times 10^{-6} / 12 \times 8.85 \times 10^{-12})$$

$$= 8.85 \times 10^{-12} / ((1 + 5) \times 10^{-6})$$

$$= 1.48 \times 10^{-6} \quad (F) = 1.48 \quad (\mu F)$$

$$C(B) = 1 / (80 \times 10^{-6} / 80 \times 8.85 \times 10^{-12})$$

$$= 8.85 \times 10^{-6} = 8.85 \quad (\mu F)$$

【0107】(14), (15), (20)式より、(A)のときの電荷密度 $\sigma(A)$ は、

$$\sigma(A) = Q / S = C \times V = 1.48 \times 10^{-6} \times 800$$

$$= 1.2 \times 10^{-3} \quad (C/m^2)$$

(14), (15), (21)式より、(B)のときの電荷密度 $\sigma(B)$ は、

$$\sigma(B) = 8.85 \times 10^{-6} \times 200$$

$$= 7.1 \times 10^{-3} \quad (C/m^2)$$

と求められる。

【0108】この値を(13)式に代入すれば、(A), (B)それぞれのときの静電引力P(A), P(B)が求められる。

$$P(A) = \sigma^2 / 2 \times \epsilon 1$$

$$= (1.2 \times 10^{-3})^2 / 2 \times 80 \times 8.85 \times 10^{-12}$$

$$= 1.0 \times 10^3 \quad (N/m^2)$$

$$P(B) = \sigma^2 / 2 \times \epsilon 1$$

$$= (1.77 \times 10^{-3})^2 / 2 \times 8.85 \times 10^{-12}$$

$$= 1.77 \times 10^6 \quad (N/m^2)$$

【0109】このP(A)は水の表面張力以下であり、インクがオリフィスより出ることはない。一方、このP(B)の値はバブルジェットより小さいものの、ピエゾと同じでありインクを吐出させるのに十分な大きさである。

【0110】次に、立上がり時間を求める。本発明の場合※

$$t = d / v$$

速度vは、移動度 $\mu$ と電界Eの積として、次の(27)式で $\star 40$ 与えられる。

$$v = \mu E$$

【0111】アモルファスシリコンの電子の移動度は1.0から $10^{-2}$ ( $cm^2/V \cdot sec$ )である。仮に、その中間をとって0.1( $cm^2/V \cdot sec$ )とする。電界は光照射と同時にどん

$$E(A) = 1.11 \times 10^7 \quad (V/m)$$

移動度とE(A)を(27)式に代入して、

$$v = 0.1 \times 10^{-4} \times 1.11 \times 10^7 = 1.11 \times 10^2 \quad (m/sec)$$

【0112】これを(26)式に入れて、

$$t = d / v = 60 \times 10^{-6} / 1.67 \times 10^2$$

$$= 5.41 \times 10^{-7} \quad (sec) = 0.54 \quad (\mu sec)$$

※合、状態(A)が(B)になるまでの時間が立上がり時間となる。この時間は、光で感光体層の電極近傍に発生した電子が感光体層中を移動する平均速度をvとすれば、移動に必要な時間tは、感光体層の厚さをdとして、次の(26)式で与えられる。

☆どんな大きくなるのであるが、その最小値、つまり、露光前の値を採る。

【0113】すなわち、従来方式以上の立上がりが期待できることが分かる。もちろん、これに電気回路の時間定数も考慮しなければならないが、 $\mu sec$ での駆動は可能で

ある。

【0114】次に、変形量であるが、ここでは逆に必要な変形量を求めて見る。弾性体電極の変形によりインク室より排斥されたインクの体積が吐出されたインク滴の体積の2倍に等しいと仮定する。前述したように、実測によるインク滴の体積は、 $0.07 \sim 0.1 \times 10^{-12}$  (m<sup>3</sup>)であ\*

$$x = v / S \\ = 0.1 \times 10^{-12} / (25 \times 10^{-6} \times 200 \times 10^{-6}) = 20 \times 10^{-6} \text{ (m)}$$

である。

【0116】すなわち、 $4 \times 10^4$  N/m<sup>2</sup>の静電引力で、このレイアウトで平均20 μm変形できる弾性体を使用すれば良いわけである。これは現在の高分子材料にとって十分可能なことである(ただし、信頼性は問わない)。

【0117】以上、力、変位量、力の立上りの三点とも、本発明が従来技術と同等かそれ以上であることがシミュレーションで明らかになった。

【0118】以上の説明において、露光強度または露光時間を変えることによって、吐出するインク滴の大きさを変更でき、1ドットについて多様な値を得られることが理解できるであろう。ただし、インク滴が小さくなると、同時に初速度も変わるので、あまり小さなインク滴は飛んでいけない。なお、上記の実施例では、ノズルを使用していたが、スリット形状の場合でも可能である。

【0119】図14、15は、弾性体電極の代わりにインク室内に導電性の弾性体を設けた実施例で、図14はその分解斜視図で、図15は縦断面図を示す。このインクジェットヘッドも、やはり上部構造、下部構造及び側部構造に分けて作成され、その後三者を張り合わせて完成される。

【0120】上部構造は、図示のように各インク室を分離するための角柱61を、63 μmピッチで並列に並べ、その上に絶縁性の基板62上に共通電極63としてアルミを全面均一に蒸着したもの、又は、剛体の基板62上に共通電極63として導電性樹脂をコーティングしたものを接着し、角柱61相互間の共通電極63に、詳細を後述する導電性弾性体64を設けた構造としている。

【0121】角柱61としては、衝撃波を吸収するために適度に表面が柔らかいものが良く、具体的には、撥油性も考慮して適当な樹脂が選択される。

【0122】下部構造は、導電性ガラス65のアルミ層からなる電極65a上に無機系の感光体層66を形成して作られ、図11、12で説明した実施例と同じ構造、同じ素材を使用している。

【0123】側部構造も前述の実施例とほぼ同じで、厚さ25-100 μmのPETフィルムからなる側板67に、直径20 μm程度の孔(オリフィス)67aを開けた構成である。

【0124】下部構造の上に上部構造を載せて形成される細長いインク室68と、オリフィス67aとを位置合わせて側板67を固定すれば、インクジェットヘッド

\*り、簡単のために、この体積を $0.1 \times 10^{-12}$  (m<sup>3</sup>)と仮定すると、球形のインク滴の半径は、 $29 \times 10^{-6}$  (m)となる。

【0115】簡単にするために弾性体電極52が、有効幅25 μmで全面平行に移動したと仮定する。このときの平均移動距離をxとすると、

が完成する。インク室68にはインク69が通路70から供給される。

【0125】図16により、本実施例のキーポイントである5面フリーの導電性弾性体64の製法を説明する。5面フリーとは、この導電性弾性体64が、前後左右上下の6面の内、共通電極63に密着している面以外の5面(4側面と上面)をインク室68内に露出してフリーの状態になっていることをいう。

【0126】まず、従来から公知の方法で絶縁性の基板62上に共通電極63となるアルミ層を蒸着法等により全面均一に形成し、その上に図14、15に示すインク室68を隔離する壁面をテフロン系又はシリコン系の樹脂を注型加工等することによって形成する。クロロレンゴムに適量のアセチレンブラックと加硫剤を加えて長時間分散させた後、トルエン、THF、シクロヘキサン、ブタノール等適当な溶媒で希釈して固形分濃度15から30 wt%の導電性ゴム溶剤aを作成し、これを水平台上に置かれた上記の基板62上に注ぐ(図16(a))。

【0127】次に、金属性のドクターブレードbでしごいて余分な液を排除する(図16(b))。すると、角柱61が撥油性のため、溶液は角柱からわずかに離れて図16(c)のような形になる。これを加熱すると、溶液の厚さの約10%、約20 μmの導電性ゴム層c'が得られる(図16(d))。この行程を繰り返して厚さ100 μmの導電性ゴム層cが完成する(図16(e))。このとき導電性ゴム層cは角柱61に固着しておらず、もし、くっついていても、軽く動かすだけで簡単に剥がすことができる。

【0128】つぎに、メタノールにポリアミド樹脂を0.6wt%溶かした溶液dを同様に注いでブレードbでしごき(図16(f))、加熱して絶縁層eを導電性ゴムc上にオーバコートして導電性弾性体64が完成する(図16(g))。

【0129】絶縁層eとしては、あまり高抵抗よりも、適度な時間で電荷がリークする程度が望ましく、体積固有抵抗で $10^{10}$  Ωcmくらいのポリアミド樹脂が適当である。なお、導電性ゴムの代わりに絶縁性のゴムを同様の方法で塗布した後、導電性樹脂と絶縁性樹脂をこの順番でオーバコートしてもよい。

【0130】図示の実施例では、感光体層と弾性体電極を隔てる壁、即ち、角柱61の高さを180 μm、導電性

弾性体64の厚さを100 $\mu\text{m}$ 、インク層の厚さを80 $\mu\text{m}$ 、オリフィス67aのピッチを63 $\mu\text{m}$ 、インク室68の幅(壁間距離)を45 $\mu\text{m}$ としたが、これは後に述べるシミュレーション計算を簡単にするため、この値が最適値という訳ではない。

【0131】図17によって本実施例のインクジェットによる印字と、インクの補給方法を説明する。なお、前記の実施例の場合と同様に、最初に定性的にプロセスを説明し、その後定量的な説明をする。

【0132】図17(a)は、準備段階である。導電性弾性体64には+200Vが印加される。図に示すように導電性弾性体64に少量の正孔と電極65aに同量の電子が充電される。導電性弾性体64の正孔に電極65aの電子が形成する電界が働いて、導電性弾性体64は内側に向かう力を受けるが、インク69の表面張力の方が大きいので、インクはオリフィス67aより飛び出すことはない。

【0133】次に、図17(b)で、感光体層66の下側からネサガラス65を透過してLEDアレイからなる発光体71により露光すると、感光体層66に正孔と電子が発生し、正孔はネサ電極に入ってそこに在る電子と中和して消滅し、電子は高速で感光体電極66中を移動して(b)のように感光体電極66の表面に止まる。このときの電子及び導電性弾性体64に充電された正孔の量は(a)の数倍になる。この理由は、このヘッドをコンデンサと見なしたとき、(a)では電極間の距離がインク69の層+感光体層66だったものが、(b)では、インク層66のみに減少するためである。数倍、たとえば、6倍に増えた導電性弾性体の個々の正孔は、6倍に増えた感光体表面の電子より6倍の力を受けるため、導電性弾性体64は全体として6 $\times$ 6=36倍の力を受ける。この\*

$$\sigma = E \times \epsilon$$

【0138】すなわち、元の長さ $L_0$ と加える圧力 $P$ (= $\sigma$ )と弾性率 $E$ が分かれば、次式より伸びた\*

$$\Delta L = L_0 \times \sigma / E$$

【0139】もっとも柔らかいゴムの弾性率 $E$ は、 $0.2 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ (=1MPa=2Kgf/cm $^2$ )で、本発明の場合、上記した様に元の長さ $L_0$ は $100 \times 10^{-6} \text{ m}$ 、静電引力(=応力\*)

$$\Delta L = (100 \times 10^{-6} \times 3.57 \times 10^4) / 0.2 \times 10^9 = 17.7 \times 10^{-6} (\text{m})$$

と、導電性弾性体の変形距離が求められた。(この場合、弾性率が $2 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ と一桁大きくなると、伸びは2 $\mu\text{m}$ 以下となり、本発明のピエゾ方式に対する特徴が薄れてしまう。故に、弾性率はこのあたりが限界と思われる。)

★

と変位量が求まった。この値もピエゾ及びバブルジェット方式と同等である。

【0141】以上のシミュレーションにより、この実施例もまた、力、変位量、力の立上りの3点で、従来技術と同等乃至それ以上であることが明らかになった。ま

\*結果、図のようにインク室68を圧縮するように変形し、その結果オリフィス67aよりインクが柱状に吐出始める。このとき、導電性弾性体の変形は静電引力と弾性体の弾性力が釣り合ったところで止まる。

【0134】次に、図17(c)で導電性弾性体を接地する(露光はその前に終わっている。ただし、続いても結果に変わりはない)。その瞬間、導電性弾性体64の正孔と感光体層66の電子は消えて、導電性弾性体に加わっていた静電引力はゼロとなり、導電性弾性体は弾性力で図示のように復元する。このとき、インク室68には、左右からインクを呼び込む力が働き、オリフィス67aのインク柱が切れて図のようなインク滴69aが飛び出し、同時に左側の管路70から新しいインクが補給される。

【0135】なお、インク柱の分離は、弾性体電極を接地しなくても可能なこと、及び、本発明をアナログのレンズ光学系の複写機に適用可能なことは、共に図13、14の実施例と同様である。

【0136】次に、上記の定性的な説明を定量的に補強する。いくつかの仮定に基づく近似計算である点、及びその結果の式等は前の実施例の場合と同じである。

【0137】図13、14に示す実施例についての計算の内、(11)から(29)まではそのまま本実施例にも適用できる。そこで、次に、導電性弾性体64の変形量を計算する。一般に弾性体の場合、力が働く前の長さ $L_0$ に対して力が作用して長さが $L$ に伸びた場合、力と伸びは正比例する。このとき、外部から弾性体を引っ張る力と等しい力が弾性体の内部に発生している。これを応力 $\sigma$ と呼ぶ。また、伸びた長さ $\Delta L = L - L_0$ を元の長さで割った値を歪みと呼び、応力と歪みの比例係数を弾性計数(弾性率、ヤング率) $E$ という。

(30)

※長さ $\Delta L$ が計算できる。

(31)

★力 $\sigma$ )は $1.77 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ である。この値を(31)式に入れて、

40★【0140】これに、変形可能面積 $S$ を掛ければ、体積の変位量 $v$ を算出できる。角柱61間の距離は45 $\mu\text{m}$ であるが、導電性弾性体64の幅はこれより若干狭くなるので、40 $\mu\text{m}$ と仮定すると、

$$v = S \times x = (200 \times 10^{-6} \times 40 \times 10^{-6}) \times 17.7 \times 10^{-6} = 0.14 \times 10^{-13} (\text{m}^3)$$

た、前述の実施例と同様に1ドットについて多様な値を得られる。さらに、ノズルのみでなく、スリットにも適用可能なことも言うまでもない。

【0142】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、以

下の各効果を奏する。

(1) インクの粒子は、ノズルから飛び出すと中性粒子に戻り、粒子相互間で干渉し合うことはなく、解像度の良い記録ができる。

(2) インクの粒子は、電極に働く力で飛翔するので、インクに対する制限が少なく、水性インクを使用でき、安全である。

【0143】(3) 本発明では、電極間の距離を従来より小さくすることができるので、印加電圧は1000v以下で可能となる。

(4) 電極への充放電の時定数が印字スピードを決めるが、電極面積を非常に小さくできるので、時定数は小さく、高速印字が可能になる。

【0144】(5) 信号が印加された電極のみ変形するので、画像がボケル不具合が生じない。

(6) インクを加熱する必要がないので、寿命が伸びる。

(7) 記録印加電圧を変え、誘起電荷量を変え、電極に作用する静電引力を変えることにより弾性体電極の変位量を変えることができ、これによってインクの粒子の大きさを種々に変化させることができる。

【0145】(8) 誘電率の高い弾性体23をサンドイッチ状に挟んだ構成とすれば、インクは、機械的な圧力を受けて飛翔するので、誘電率の大きさは全く問題とならず、水性インクを含めどんなインクでも使用可能である。

(9) 信号電極と対向電極とに同極性の電圧を印加する構成とすれば、インクの供給能力が高く、応答が速く、機械的破壊の生じない負圧によるインク供給ができる。

(10) 感光体層を使用する構成とすれば、ヘッドの構成が簡単で、軽くなり、マルチヘッドが容易になる。また、光で駆動でき、高い電圧で駆動できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明におけるインクジェットノズルの構成を示す断面図である。

【図2】従来の静電吸引型ノズルの動作原理を示す図である。

【図3】図1のインクジェットノズルの動作原理を示す図である。

【図4】図1に示すインクジェットノズルの具体例を示す斜視図である。

【図5】本発明のインクジェットノズルで、両電極の間に弾性体を挟んだ実施例の構成を示す断面図である。

【図6】図5に示すインクジェットノズルの具体例を示す斜視図である。

【図7】本発明のインクジェットノズルで、副電極を使用した実施例の構成を示す断面図である。

【図8】(a) から(d) は、図7のインクジェットノズルの作用を説明する図である。

【図9】(a) から(c) は、図7の実施例の変形例の基本構成とその作用を示す図である。

【図10】図7に示す実施例の基本作用を説明する図である。

【図11】感光体層を使用した本発明の実施例の分解斜視図である。

【図12】図11の縦断面図である。

【図13】(a) ~ (c) は図11のインクジェットヘッドの作用を説明する図である。

【図14】感光体層と導電性弾性体を使用した本発明の実施例の分解斜視図である。

【図15】図14の縦断面図である。

【図16】(a) ~ (g) は導電性弾性体の形成方法を説明する図である。

【図17】(a) ~ (c) は、図14のインクジェットヘッドの作用を説明する図である。

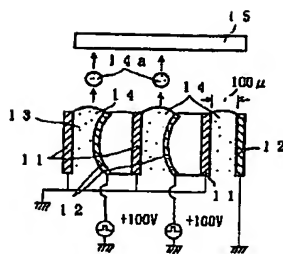
【図18】従来の静電吸引方式ノズルの構成を示す断面図である。

【符号の説明】

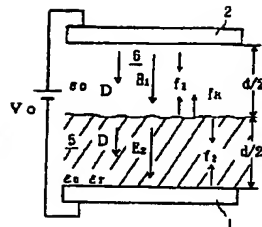
11	剛体電極
12, 52	弾性体電極
13, 25, 33,	ノズル
14, 26, 34,	インク
15	記録紙
21, 31,	信号電極
22, 32,	対向電極
23	高誘電率弾性体
35	補助電極
52	弾性体電極
52a, 64	導電性弾性体
54, 66	感光体層
53, 65	導電性ガラス
53a	電極
55a, 67a	オリフィス
58, 70	インクを供給する通路
59, 71	発光体
63	共通電極



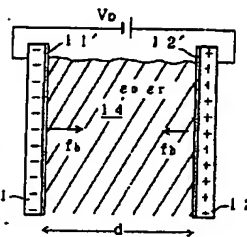
【図1】



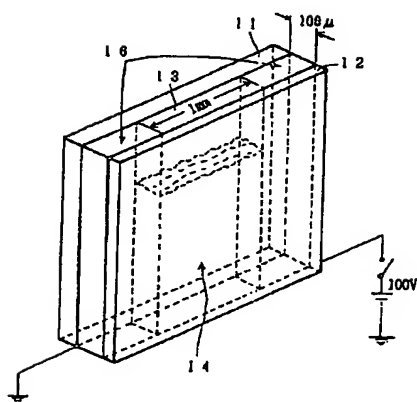
【図2】



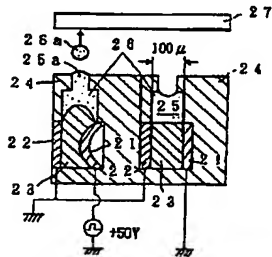
【図3】



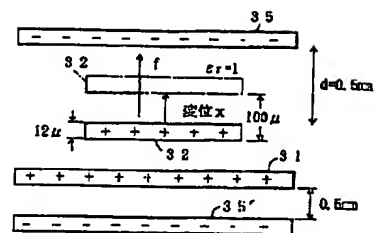
【図4】



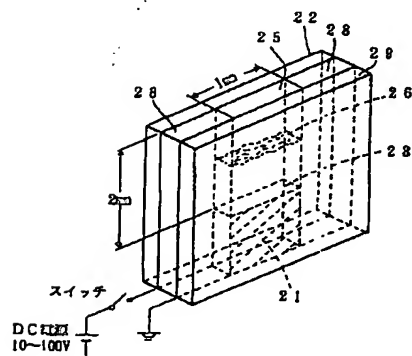
【図5】



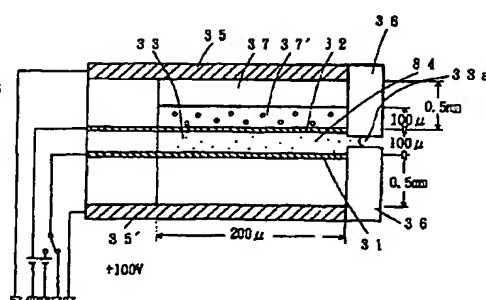
【図10】



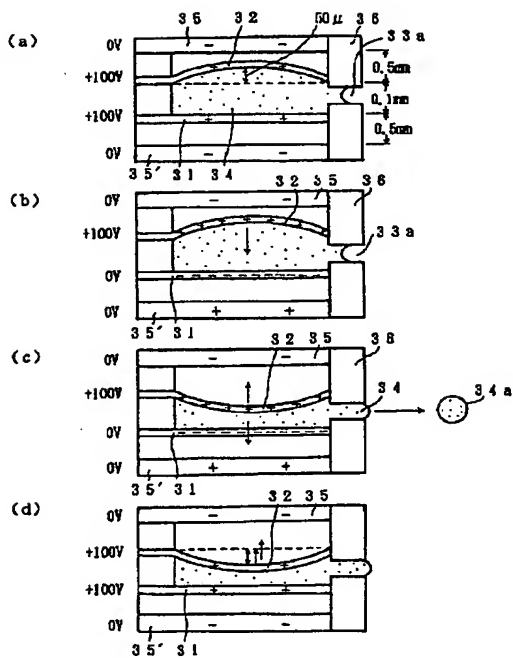
【図6】



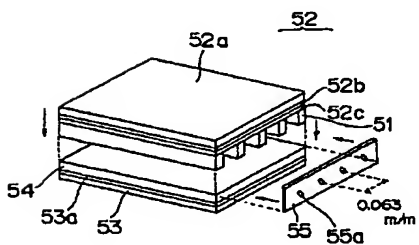
【図7】



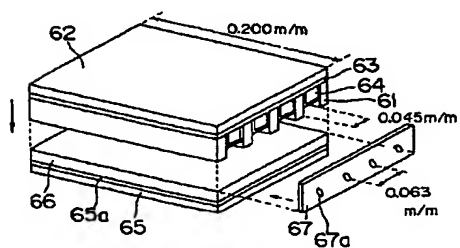
【図8】



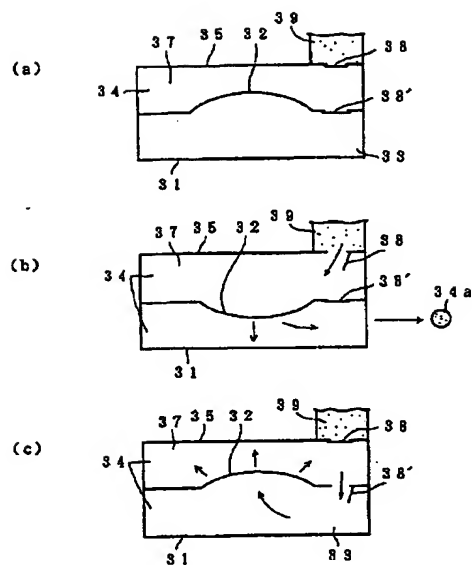
【図11】



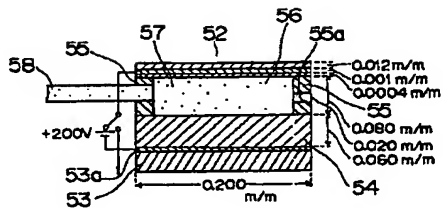
【図14】



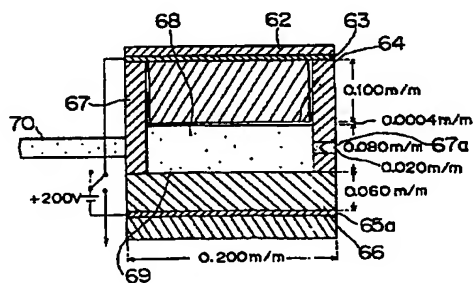
【図9】



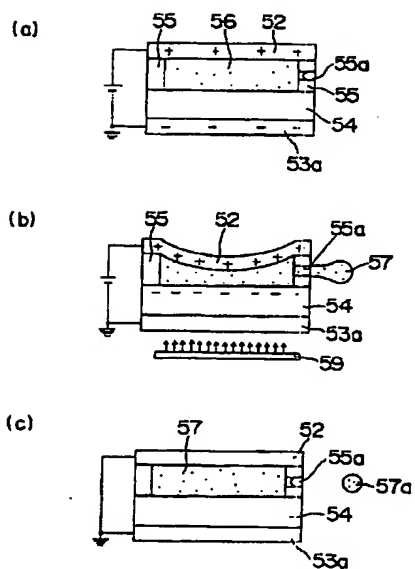
【図12】



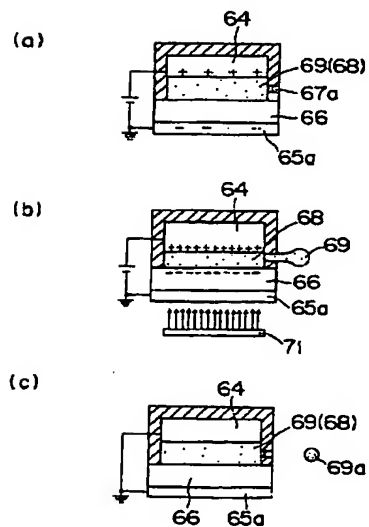
【図15】



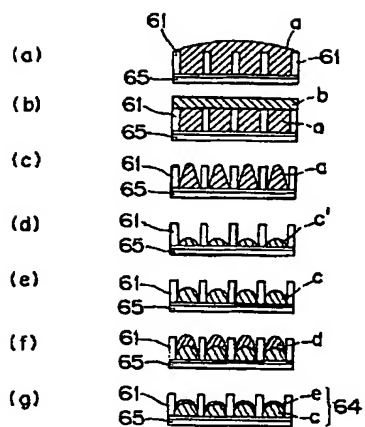
【図13】



【図17】



【図16】



【図18】

